

## A pesquisa em Fixação Biológica do Nitrogênio na Embrapa Soja: passado, presente e perspectivas futuras

Mariangela Hungria\*<sup>1</sup>; Rubens José Campo<sup>2</sup>; Marco Antonio Nogueira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Embrapa Soja, C.P. 231, CEP 86001-970, Londrina, PR, hungria@cnpso.embrapa.br, nogueira@cnpso.embrapa.br; <sup>2</sup>Biagro do Brasil Ltda, Pq. Ind. José Garcia Gimenes, CEP 86183-752, Cambé, PR, rubens@biagro.com.br.

### 1. O passado

No Brasil, as histórias da expansão da cultura da soja, da seleção de bactérias fixadoras de nitrogênio eficazes com os genótipos de soja e com as condições ambientais locais e o desenvolvimento de inoculantes comerciais se entrelaçam e, desde a sua fundação, a Embrapa Soja tem participado desse grande cenário. Desde a sua criação, em 1975, até o os primeiros anos da década de 1990, as principais ações da Embrapa Soja residiram no suporte técnico-científico à identificação de estirpes mais eficazes para a cultura da soja, no lançamento de cultivares caracterizadas por altos rendimentos com base no processo de fixação biológica, na avaliação de inoculantes e no suporte técnico-científico às indústrias. No início da década de 1990, porém, alastrou-se a ideia, com base em poucos estudos conduzidos nos Estados Unidos, de que em áreas previamente cultivadas com soja e recebendo inoculantes não haveria respostas à reinoculação em solos com populações tão baixas quanto 10 a 100 células/g de solo. A média nacional de uso de inoculantes era de apenas 25% dos agricultores, quase que exclusivamente restrita a áreas de primeiro cultivo de soja. A Embrapa Soja passou, então, a liderar uma rede para estabelecer possíveis benefícios pela reinoculação anual da soja e, após alguns anos e mais de 80 ensaios de campo, foram evidenciados ganhos expressivos no rendimento de grãos, hoje estimados em 8% por safra. Além disso, também foram constatados incrementos significativos no teor de proteína nos grãos com a reinoculação.

Ainda naquela década, foram lançadas tecnologias decisivas para a maximização do potencial de fixação biológica do nitrogênio. Como exemplo, tem-se a definição das doses ideais de inoculante turfoso, na

época representando 100% dos produtos comerciais, e de solução açucarada como aderente da turfa à semente. Também foi fundamental o apoio ao desenvolvimento de maquinário para a inoculação das sementes, permitindo a troca do lento processo de inoculação em tambores e betoneiras para a obtenção de 50 a 60 sacas de sementes por hora, prontas para o uso. Além disso, o suporte aos órgãos legisladores foi fundamental para o estabelecimento da legislação de inoculantes do Mercosul, bem como para a atualização da legislação brasileira.

Desde a década de 1990 também foram conduzidos ensaios que confirmaram os benefícios de sistemas conservacionistas de manejo do solo, com ênfase no plantio direto, para a fixação biológica do nitrogênio. Condições mais favoráveis de temperatura do solo e maior retenção de umidade resultam em taxas de fixação de nitrogênio que podem ser superiores à do plantio convencional em 30% ou mais.

### 2. O presente

A Embrapa Soja sempre dedicou grande parte do tempo de seus microbiologistas à divulgação da importância da fixação biológica do nitrogênio. Em eventos coordenados pela própria instituição, por outras instituições, ou em parceria com a ANPII (Associação Nacional dos Produtores e Importadores de Inoculantes), mais de uma centena de palestras foram proferidas nos últimos anos, contribuindo para que, hoje, o uso de inoculantes seja praticado por cerca de 60% dos agricultores.

A virada do século também trouxe pressões crescentes para a venda de fertilizantes. Como resultado, com certa frequência surgem questionamentos sobre a capacidade do processo biológico de atender às demandas de novas cultivares de soja mais produtivas, ou com ciclo mais longo, ou em cultivo sob diferentes sistemas de manejo do solo, como o plantio direto. Em todas essas ocasiões, porém, a Embrapa Soja também assumiu posição de liderança, conduzindo vários ensaios sob diversas condições edafoclimáticas e com diferentes genótipos de plantas e, até o presente momento, sempre confirmou que não existe qualquer benefício em termos de rendimento de grãos pela aplicação de doses complementares de fertilizante nitrogenado.

Demandas dos agricultores são anualmente investigadas pela Embrapa Soja. Desse modo, foram conduzidos estudos e lançadas recomendações sobre a compatibilidade de inoculantes com agrotóxicos e com micronutrientes (molibdênio e cobalto). Para diminuir o impacto desses insumos, foram lançadas as tecnologias de inoculação no sulco, de alternativa de aplicação foliar de micronutrientes e de enriquecimento de sementes com molibdênio.

Atendendo também ao setor produtivo de inoculantes, nestes últimos anos a Embrapa Soja foi responsável pela condução dos ensaios de eficiência agrônômica do primeiro inoculante líquido que conseguiu registro no Brasil e, hoje, essa é a formulação preferencial do agricultor, representando cerca de 80% do mercado. Também foi definido o número mínimo de células viáveis necessárias para a aplicação via inoculação de sementes ou no sulco, bem como foram definidas metodologias para avaliar a qualidade de inoculantes. Parcerias com a iniciativa privada já resultaram no lançamento de inoculantes comerciais.

### 3. Pensando em sistemas agrícolas

Pensando cada vez mais em sistemas que incluem a soja como uma de suas culturas, a Embrapa Soja investiu em pesquisas em fixação biológica do nitrogênio com a cultura do feijoeiro, sendo responsável pelo lançamento das duas estirpes mais utilizadas em inoculantes comerciais no Brasil, a PRF 81 (= SEMIA 4080), em parceria com o IAPAR, e a H 12 (= SEMIA 4088), em parceria com a Embrapa Cerrados. Rendimentos que superam a média nacional em quatro vezes sem o uso de fertilizantes nitrogenados são obtidos exclusivamente com a inoculação com essas estirpes, podendo trazer um grande impacto no manejo do cultivo e alterar drasticamente o quadro de baixos rendimentos, trazendo benefícios econômicos e sociais para o agricultor e para o País.

A Embrapa Soja também foi responsável pelo lançamento das primeiras estirpes de *Azospirillum brasilense* autorizadas para a produção de inoculantes comerciais para gramíneas no Brasil, as estirpes Ab-V1, Ab-V5, Ab-V6 e Ab-V8 para o trigo e Ab-V4, Ab-V5, Ab-V6 e Ab-V7 para

o milho. No caso do trigo, os incrementos médios obtidos pela inoculação com *Azospirillum* foram de 19% e, no milho, de 24%. A inoculação com *Azospirillum* tem permitido a redução de até 50% da dose de fertilizante nitrogenado recomendada. Em 2012, na XVI RELARE, foi apresentada a tecnologia de co-inoculação da soja e do feijoeiro com rizóbios e *Azospirillum*, com incrementos consideráveis no rendimento de grãos das duas culturas.

### 4. Economia em fertilizantes e divisas

A viabilidade econômica da cultura da soja está estreitamente relacionada ao processo de fixação biológica do nitrogênio. Isso porque, para cada 1.000 kg de grãos de soja, são necessários cerca de 80 kg de N/ha (65 kg alocados nas sementes e 15 kg de N nas folhas, caule e raízes). Considerando-se o rendimento médio nacional de 2.700 kg/ha, a área total cultivada de 24,7 milhões de hectares, a quantidade de N fornecida pelos solos brasileiros — em geral, somente 10 a 30 kg de N/ha/ano — a eficiência de utilização dos fertilizantes nitrogenados (em geral no máximo de 50%) e o seu preço atual, tem-se, nos valores atuais, que o processo biológico resulta em uma economia aproximada de US\$ 7 bilhões por safra de soja. Conforme já comentado, além desse benefício direto, deve-se adicionar a economia pelo nitrogênio residual deixado para a cultura seguinte.

No caso do feijoeiro, se as estirpes já identificadas por nosso grupo de pesquisa forem utilizadas em maior escala, haveria uma economia imediata de US\$ 240 milhões por ano (considerando a área cultivada em três safras, a recomendação atual de 60 kg de N/ha para a cultura e o preço da ureia). Em médio prazo, se houver um incremento no rendimento de grãos para 2.000 kg/ha (inferior aos relatados com nossas estirpes), também haveria um incremento na necessidade de N pela planta, que pode ser fornecido biologicamente e, portanto, resultaria em uma economia de US\$ 720 milhões por ano.

Com base nos resultados conseguidos com a inoculação de milho, trigo e arroz, considerando o nível de produção dessas culturas no Brasil e

a exportação de nitrogênio pelas culturas, estima-se que a adoção da tecnologia de inoculação com *A. brasilense* resulte em uma economia nacional da ordem de US\$ 2 bilhões por safra.

Tão importantes quanto esses valores, são os ganhos ambientais advindos do uso desses microrganismos. A menor utilização de fertilizantes nitrogenados traz grandes benefícios ambientais, com menor poluição de rios, lagos, lençóis freáticos, particularmente pela lixiviação do nitrato, bem como menos emissão de gases com efeito estufa, como o  $N_2O$ . Além disso, a síntese de fertilizantes nitrogenados é baseada em carbono fóssil, que resulta em emissão de  $CO_2$ . As estimativas sobre a contribuição dos microrganismos nesse panorama ainda não são precisas, mas certamente são da ordem de vários outros milhões de dólares.

## 5. O futuro

Novos patamares de produtividade, a necessidade de recuperação de áreas degradadas, de viabilização econômica de agricultores e de incremento de diversidade de culturas demandam políticas agrícolas e estratégias de pesquisa inovadoras e em comunhão com o meio ambiente. As projeções são de que, nos próximos anos, haverá um incremento substancial no uso de fertilizantes no Brasil para atender às demandas da agricultura. É fundamental, portanto, encontrar alternativas para evitar o uso excessivo de fertilizantes e, nesse contexto, as bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico podem desempenhar um papel relevante e estratégico para garantir altas produtividades a baixo custo e com menor dependência de importação de insumos. Muitas são as demandas por parte dos agricultores, extensionistas e comunidade científica, mas dez itens foram priorizados e já tiveram recursos aprovados pela Embrapa para investimentos em pesquisa nos próximos anos:

1) Desenvolver cultivares de soja com maior capacidade de fixação de nitrogênio e maior teor de proteína nos grãos e, simultaneamente, identificação de marcadores moleculares para essas características;

2) Identificar estirpes de *Bradyrhizobium* com maior capacidade de fixação de nitrogênio e competitividade para a soja, buscando marcadores moleculares para essas características;

3) Potencializar o uso de bactérias diazotróficas associativas e endofíticas para o uso em leguminosas e não-leguminosas;

4) Potencializar a fixação biológica do nitrogênio em um novo cenário de mudanças climáticas globais;

5) Valorar o banco de germoplasma de bactérias diazotróficas;

6) Adotar sistemas de qualidade (BPL, ISO 17025, OECD) na coleção de culturas, análises de inoculantes e ensaios de eficiência agrônômica;

7) Maximizar a contribuição da fixação biológica do nitrogênio em sistemas de integração lavoura-pecuária (leguminosas e gramíneas), também com implicações em recuperação de áreas degradadas;

8) Definir ações de difusão para incrementar o uso de inoculantes;

9) Incrementar as parcerias com a iniciativa privada no desenvolvimento de novas formulações de inoculantes adaptadas às condições tropicais;

10) Investir e valorizar a pesquisa básica em fixação biológica do nitrogênio, como a filogenia, taxonomia e ecologia de rizóbios, genômica, proteômica, transcriptômica e metabolômica.